

ANÁLISE MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DA BARRAGEM DO RIO COCO (TO)

Raphael Medeiros **Lima**¹, Waldo Coelho **Bitencourt**¹, Thiago Cabral de **Souza**¹.

(1 – Universidade Federal do Tocantins – UFT, raphaelmedeiroslima@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-6247-6213>, bitencourtwaldo@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1054-6352>, thiagocabralsouza@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7359-081X>)

Resumo: A análise dos aspectos morfométricos de bacias hidrográficas é importante para compreender a dinâmica ambiental presente, sendo importante ferramenta para determinação dos níveis de utilização e restrição dos recursos disponíveis. O presente estudo teve como foco o mapeamento e identificação das características da Bacia Hidrográfica da Barragem do Rio Coco, que tem importante papel no abastecimento de água da cidade de Paraíso do Tocantins. Foram utilizadas ferramentas de sistemas de informação geográfica para mapear e caracterizar a bacia. Os resultados mostraram que a bacia não é susceptível a enchentes por possuir forma mais alongada, o que faz com que a água precipitada atinja o exutório em tempos diferentes, que a bacia tem elevada aptidão para reflorestamento, o que impacta o uso e ocupação do solo, visto que cerca de 83% da bacia é coberta por Mata Ciliar e Vegetação Nativa.

Palavras-chave: Geoprocessamento, Uso e Ocupação do Solo, Abastecimento.

MORPHOMETRIC ANALYSIS OF RIO COCO'S WATERSHED BARRAGE (TO)

Abstract: The analysis of the morphometric aspects of watersheds is important to understand the present environmental dynamics, being an important tool for determining the levels of use and restriction of the available resources. The present study focused on the mapping and identification of the characteristics of the Rio Coco Barrage Watershed, which plays an important role in the water supply of the city of Paraíso of Tocantins. Geographic information systems tools were used to map and characterize the watershed. The results showed that the watershed is not susceptible to flooding because it has a more elongated form, which causes the precipitated water to reach the exudate at different times, that the basin has high aptitude for reforestation, which impacts the use and occupation of the soil, since about 83% of the basin is covered by Riparian Forest and Native Vegetation.

Keywords: Geoprocessing, Land Use and Occupation, Water Supply.

ANÁLISIS MORFOMÉTRICO DE LA CUENCA DEL EMBALSE DEL RÍO COCO (TO)

Resumen: El análisis de los aspectos morfométricos de cuencas hidrográficas es importante para comprender la dinámica ambiental presente, siendo una importante herramienta para determinar los niveles de utilización y restricción de los recursos disponibles. El presente estudio tuvo como foco el mapeo e identificación de las características de la Cuenca Hidrográfica de la Presa del Río Coco, que tiene un importante papel en el abastecimiento de agua de la ciudad de Paraíso do Tocantins. Se utilizaron herramientas de sistemas de información geográfica para mapear y caracterizar la cuenca. Los resultados mostraron que la cuenca no es susceptible a inundaciones por poseer forma más alargada, lo que hace que el agua precipitada alcance el exterminio en tiempos diferentes, que la cuenca tiene elevada aptitud para reforestación, lo que impacta el uso y

ocupación del suelo, ya que cerca del 83% de la cuenca está cubierta por Mata Ciliar y Vegetación Nativa.

Palabras-clave: Geoprocusamiento, Uso y Ocupación del Suelo, Abastecimiento.

Introdução

Em 1997 foi instituída a Política Nacional de Recursos Hídricos que tem como um de seus fundamentos a bacia hidrográfica como sendo a unidade territorial para a sua implementação e gerenciamento dos recursos hídricos. Segundo Tucci (1997), uma bacia hidrográfica é uma área de drenagem de precipitação, que converge o escoamento para um único exutório.

Suas características geomorfológicas (forma, relevo, área, geologia, cursos d'água, solo, dentre outros) e de cobertura vegetal definem o comportamento hidrológico da bacia. Dessa forma, o ciclo hidrológico é influenciado diretamente pelas características físicas e bióticas de uma bacia hidrográfica (LIMA, 1986).

No entanto, o gerenciamento dos recursos hídricos se depara com uma série de desafios em todo o mundo, que são desencadeados por conta de variações climáticas, aumento das demandas humanas e até mesmo pela degradação do solo. Assim, as entidades competentes estão cada vez mais desafiadas a enfrentar um mosaico evolutivo de problemas, tornando altamente incertas as próximas décadas (CARPENTER et al., 2015).

Portanto, a análise das características das superfícies da terra é essencial para a compreensão das relações entre as atividades humanas e os fenômenos naturais. Neste contexto, a Bacia hidrográfica do Rio do Coco está localizada na margem direita da Bacia Hidrográfica do Rio Araguaia, no estado do Tocantins, e abrange parte dos municípios de Barrolândia, Chapada de Areia, Caseara,

Divinópolis do Tocantins, Marianópolis do Tocantins, Monte Santo, Paraíso do Tocantins e Pium.

Essa Bacia Hidrográfica tem apresentado problemas para o uso de abastecimento humano nos últimos anos. Mais especificamente, a cidade de Paraíso do Tocantins tem sofrido com problemas de faltas de água para abastecimento humano no período de estiagem (G1 TOCANTINS, 2017), o que torna a Bacia Hidrográfica do Rio Coco ainda mais importante ao analisarmos o cenário atual dos recursos hídricos do estado do Tocantins.

Diante do exposto, o presente estudo tem por objetivo mapear e caracterizar a Bacia Hidrográfica da Barragem do Rio do Coco, que abastece a cidade de Paraíso do Tocantins, por meio de análises de sensoriamento remoto auxiliado por ferramentas de Sistemas de Informação Geográficas para gerar dados que auxiliem nas tomadas de decisão no que tange ao planejamento de uso consciente na bacia hidrográfica em questão.

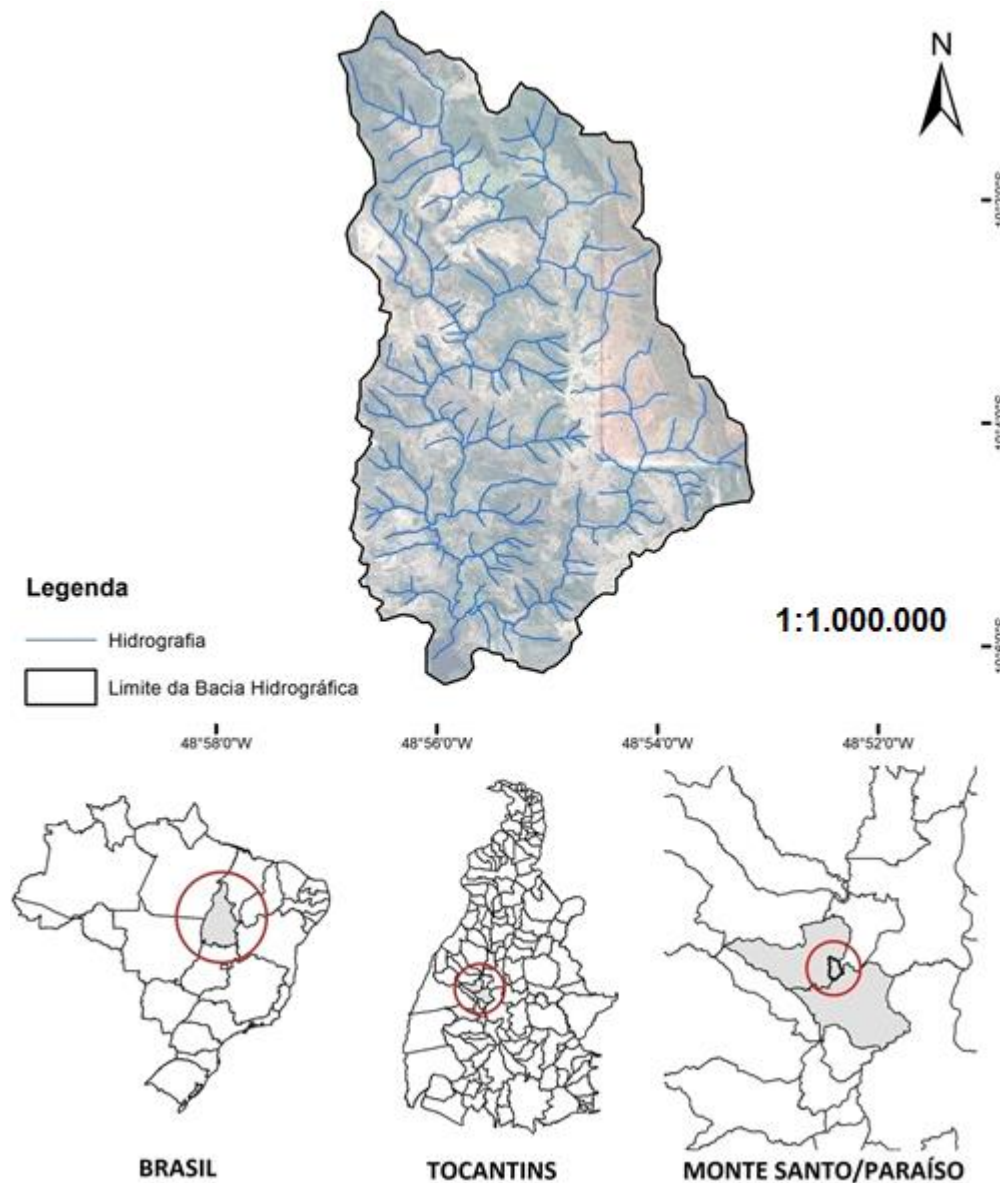
Material e Métodos

Área de estudo

A Bacia Hidrográfica da Barragem do Rio Coco localiza-se na região centro-leste do estado do Tocantins, nos municípios Monte Santo e Paraíso do Tocantins, sendo delimitada pelos paralelos 10°00'21,6" e 10°06'21,6" de latitude sul e os meridianos 48°53'9,6" e 48°56'56,4" de longitude oeste, conforme figura 1.

Sua área é de aproximadamente 46,46 km², sendo seu principal curso d'água o Rio do Coco, que integra o sistema hidrográfico da Bacia Araguaia-Tocantins. O clima corresponde ao tropical chuvoso dos cerrados tropicais, conforme a classificação de Köppen, o que significa por máximo de precipitação no verão e período seco no inverno, ocasionando moderada deficiência hídrica no inverno.

Figura 1. Localização da Bacia Hidrográfica da Barragem do Rio Coco



Fonte: Os Autores

Caracterização morfológica

A caracterização morfométrica realizada foi baseada em informações geradas a partir do tratamento de imagens de satélite e da utilização de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, o que tornou viável a obtenção de informações precisas da área de estudo.

A primeira etapa para definição das características da bacia consistiu na delimitação de sua área de drenagem. Para isso, foi utilizado o *software* ESRI ArcGIS 10.5, e como fonte de dados utilizou-se o modelo digital de elevação disponibilizado pelo *United States Geological Survey*, que tem resolução espacial de um arco de segundo. Esse processo pode ser dividido em quatro etapas de tratamento para o melhor entendimento, sendo: preenchimento de depressões (*fill sinks*); direção de fluxo (*flow direction*); fluxo acumulado (*flow accumulation*) e delimitação de bacias (*Watershed*) (DIAS et al., 2004). Posteriormente, foram determinados parâmetros morfométricos conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Métodos de caracterização morfométrica de bacias hidrográficas

Características Morfométrica	Descrição	Procedimentos
Área total	Área drenada pelo sistema pluvial inclusa entre seus divisores topográficos, sendo elemento básico para o cálculo de vários índices morfométricos (TONELLO, 2005).	<i>Software</i> ESRI ArcGIS versão Desktop 10.5
Perímetro total	Comprimento da linha imaginária ao longo do divisor de águas (TONELLO, 2005).	<i>Software</i> ESRI ArcGIS versão Desktop 10.5
Fator de forma (F)	Relaciona a forma da bacia com a de um retângulo, correspondendo à razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia (VILLELA e MATTOS, 1975).	$F = \frac{A}{L^2}$ Sendo: F o fator de forma, A a área de drenagem (m ²) e L o comprimento do eixo da bacia (m).

Coefficiente de compacidade (Kc)	Relaciona a forma da bacia com um círculo. Constitui a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual ao da bacia (VILLELA e MATTOS, 1975).	$Kc = 0,28 \times \frac{P}{\sqrt{A}}$ Sendo: Kc o coeficiente de compacidade, P o perímetro (m) e A a área de drenagem (m ²).
Índice de Circularidade	Este índice tende para unidade à medida que a bacia se aproxima a forma circular e diminui à medida que a forma se torna alongada (CARDOSO et al., 2006).	$IC = \frac{12,57 \times A}{P^2}$ Em que: IC é o índice de circularidade, A a área de drenagem (m ²) e P o perímetro (m).
Declividade/Altitude	A declividade do terreno é expressa como a variação de altitude entre dois pontos do terreno, em relação à distância que os separa.	Modelo digital de terreno da missão SRTM disponibilizados pelo serviço geológico dos EUA, com auxílio do software ArcGIS versão Desktop 10.5.
Densidade de drenagem (Dd)	Indica a eficiência da drenagem da bacia, sendo expressa pela relação entre o somatório dos comprimentos de todos os canais da rede e a área total da bacia hidrográfica (HORTON, 1945).	$Dd = \frac{Lt}{A}$ Sendo: Dd a densidade de drenagem (km/km ²), Lt o comprimento total de todos os canais (km) e A a área de drenagem (km ²).
Ordem dos cursos d'água	Adotou-se a classificação proposta por Strahler (1957). A hierarquia fluvial consiste no processo de classificar um rio, dentre os demais presentes na mesma bacia hidrográfica (CHRISTOFOLETTI, 1980).	Software ESRI ArcGIS versão Desktop 10.5
Coefficiente de rugosidade	Mostra a relação da declividade com os comprimentos dos canais, sendo que maiores índices implicam em relevos mais colinosos e dissecados e canais mais entalhados.	$CR = Dd \times D$ Onde: CR é o coeficiente de rugosidade, Dd a densidade de drenagem e D a declividade média.

Organização: Autores

Geração do Mapa de Uso e Cobertura do Solo

Para gerar o mapa de uso e cobertura do solo, utilizou-se uma imagem de alta definição do satélite *Google*, com cerca de 30 cm por pixel e data de maio de 2017, realizando a classificação de seu uso e ocupação com base na

classificação sistemática proposta pelo Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 2006).

Para isso utilizou-se a ferramenta de classificação de imagens do *software* ESRI ArcGIS versão 10.5 e foram definidas as seguintes classes de uso da terra:

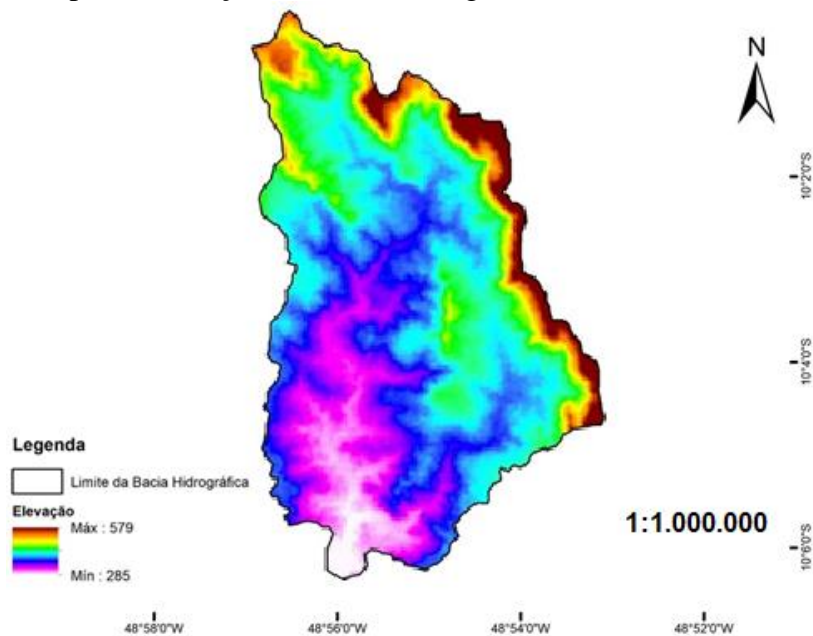
- Solo Exposto
- Vegetação Nativa
- Mata Ciliar
- Massa d'água

Resultados e Discussões

A Bacia Hidrográfica da Barragem do Rio do Coco, que abastece a cidade de Paraíso do Tocantins apresenta área de 46,46 km², com perímetro de 34,82 km, com altitudes variando entre 285 m e 579 m, conforme Figura 2.

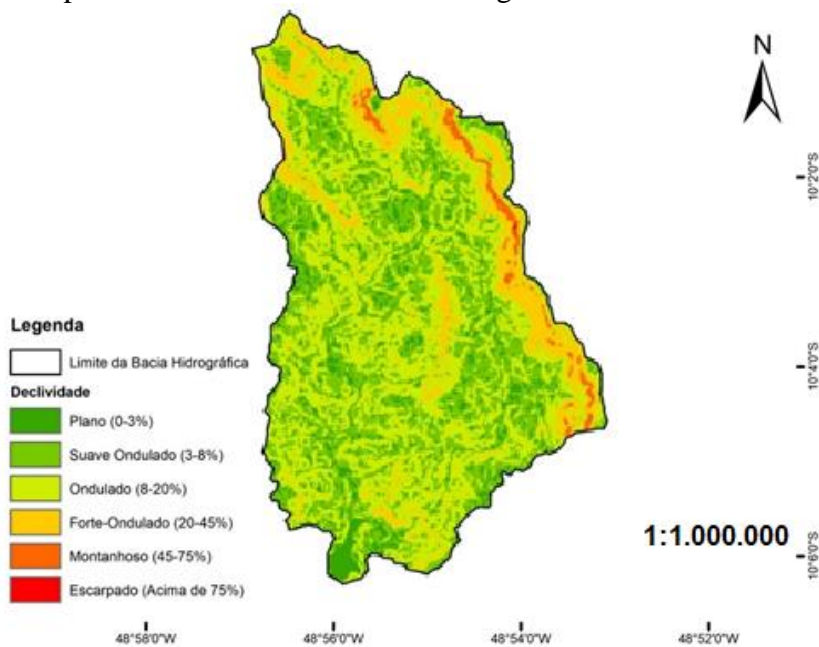
A declividade média encontrada foi de 11,63%, o que segundo a classificação da EMBRAPA (1979) corresponde à um relevo ondulado. Dessa forma, verifica-se que o escoamento ocorre com uma maior velocidade, tornando o armazenamento de água no solo menos favorável, uma vez que em tais condições, o escoamento superficial prevalece. Na Figura 3 apresenta-se as variações da declividade na Bacia.

Figura 2. Mapa de Elevação da Bacia Hidrográfica do Rio Coco.



Organização: Autores

Figura 3. Mapa de Declividade da Bacia Hidrográfica do Rio Coco.



Organização: Autores

Na Tabela 2 destaca-se as características morfométricas calculadas para a Bacia Hidrográfica da Barragem do Rio Coco.

Tabela 2. Características morfométrica da Bacia da Barragem do Rio Coco.

Índice	Valor	Índice	Valor
Área total (A)	46,46 km ²	Índice de circularidade (Ic)	0,43
Perímetro total (P)	34,82 km	Coefficiente de compacidade (Kc)	1,43
Comprimento da bacia	11,17 km	Densidade de drenagem (Dd)	2,50 km.km ⁻²
Comprimento de todos os canais	116,09 km	Coefficiente de rugosidade (Rn)	29,09
Comprimento do canal principal	15,90 km	Ordem da bacia	4 ^a
Distância vetorial do canal principal	10,00 km	Cota de altitude mais alta	285 m
Declividade média	11,63%	Cota de altitude mais baixa	579 m
Fator de forma (Kf)	0,37		

Fonte: Os Autores

O coeficiente de compacidade calculado para a bacia foi de 1,43. O número 1 é utilizado como referência para indicar a forma geométrica circular. Dessa forma, no caso da bacia analisada, o tempo de concentração é reduzido, o que demonstra que há baixa susceptibilidade a enchentes.

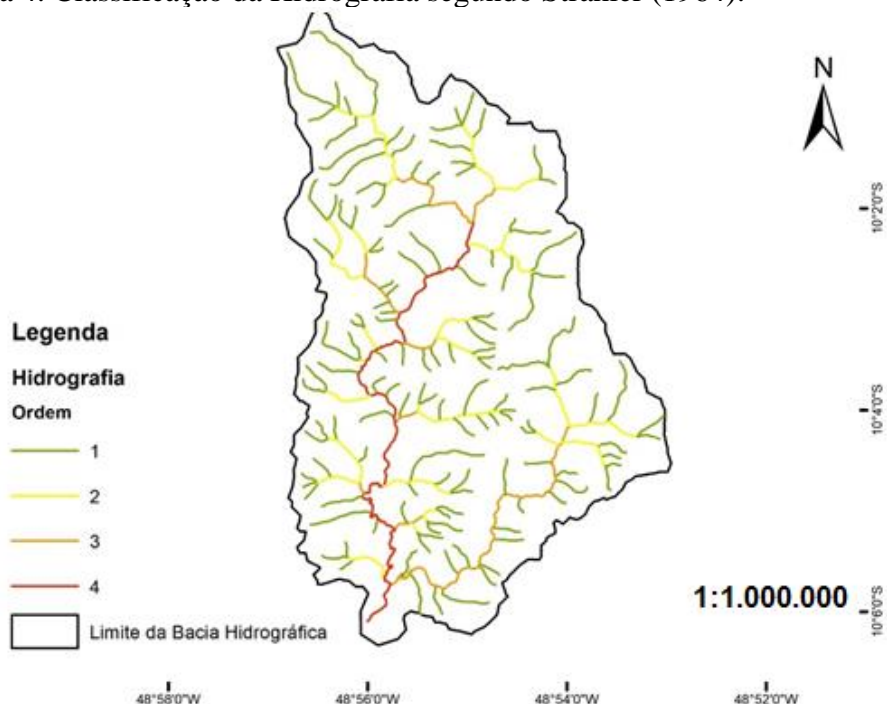
Este fato é confirmado pelo índice de circularidade, calculado em 0,43, visto que segundo Porto (2006), em bacias com índice de circularidade próximo a 1, tem-se o favorecimento de ocorrência de inundações, por conta do mais rápido escoamento da água precipitada. O mesmo não ocorre em bacias com baixo índice de circularidade, como é o caso da bacia em questão.

Além do coeficiente de compacidade e do índice de circularidade, foi calculado também o fator de forma (Kf), sendo encontrado o valor de 0,37. O que indica que a bacia é pouco sujeita a enchentes de acordo com Villela e Matos (1975).

Outro aspecto a ser estudado é o sistema de drenagem da bacia hidrográfica, sendo que uma forma possível de expressar a eficiência de drenagem é com o cálculo densidade de drenagem. Segundo Villela e Matos (1975), este valor pode variar entre 0,5 km/km² em uma bacia com drenagem pobre a 3,5 km/km² em uma bacia bem drenada. O valor encontrado foi de 2,50 km/km², o que indica que a bacia tem boa drenagem.

A classificação dos cursos d'água de acordo com ordem foi definida de acordo com metodologia de ordenamento sugerido por Strahler (1964). A 4a. ordem encontrada para a Bacia Hidrográfica da Barragem do Rio do Coco é comum em bacias pequenas, estando as maiores ordens de fluxo associadas à uma maior vazão e velocidade de fluxo. Na figura 4 indica-se a ordem de cada um dos cursos d'água da bacia.

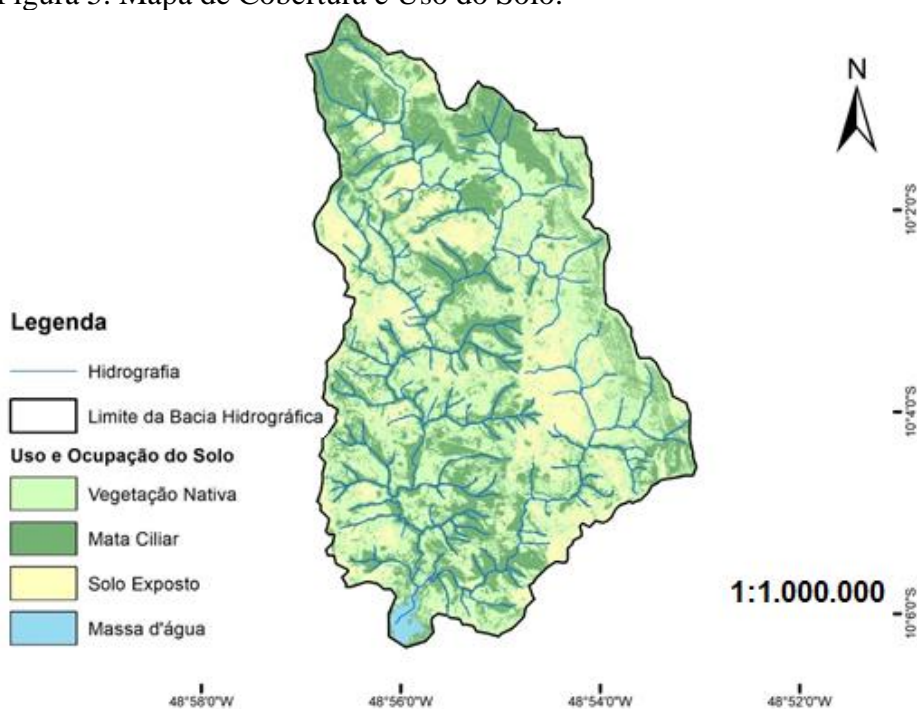
Figura 4. Classificação da Hidrografia segundo Strahler (1964).



Organização: Autores

O mapa de cobertura e uso do solo indica que a maior parte da área da bacia hidrográfica (47%) é composto por vegetação nativa, seguido de mata ciliar (36%) e solo exposto (16%). Apenas a menor parte (1%) é composta de massa d'água. Dessa forma, é possível considerar que boa parte da vegetação nativa e da mata ciliar da bacia hidrográfica ainda continuam intactas, o que demonstra um bom estado de preservação. Na figura 5 apresenta-se o mapa de cobertura e uso do solo da bacia em questão.

Figura 5. Mapa de Cobertura e Uso do Solo.



Fonte: Os Autores

A rugosidade é um parâmetro comum para estimar o potencial de produtividade agrícola, pecuária e de reflorestamento de uma bacia. Para o caso específico dessa bacia hidrográfica o coeficiente de rugosidade encontrado foi de 29,08, o que indica forte aptidão para o reflorestamento, segundo Oliveira et al. (2013).

Considerações Finais

- Conforme apresentado neste artigo, a bacia tem formato mais alongado, o que nos permite concluir que há um menor tempo de concentração em relação a bacias com formatos mais circulares, fator esse que é comprovado pelo baixo fator de forma e coeficiente de compacidade próximo a 1,0. Esses fatores ainda permitem afirmar que a bacia está pouco propensa a enchentes, o que é um bom indicativo ao abastecimento da cidade de Paraíso, pois permite a permanência da água por mais tempo na bacia.
- Além disso, foi identificado por meio do coeficiente de rugosidade que a bacia tem alta aptidão para o reflorestamento, o que pode ter reflexos sobre o uso e ocupação do solo, visto que cerca de 83% da bacia é composto por mata ciliar e vegetação nativa.

Referências

CARDOSO, C. A; DIAS, H. C. T; SOARES, C. P. B e MARTINS, S. V. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan. Nova Friburgo, RJ. *Revista Árvore*, v. 30, n. 2, p. 241-248, 2006. ISSN 1806-9088. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622006000200011>.

CARPENTER, S. R., E. G. BOOTH, S. GILLON, C. J. KUCHARIK, S. LOHEIDE, A. S. MASE, M. MOTTEW, J. QIU, A. R. RISSMAN, J. SEIFERT, E. SOYLU, M. TURNER, AND C. B. WARDROPPER. Plausible futures of a social-ecological system: Yahara watershed. Wisconsin, USA. *Ecology and Society*, v. 20, n. 2, 2015. DOI: 10.5751/ES-07433-200210 <http://dx.doi.org/10.5751/ES-07433-200210>

CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica de bacias hidrográficas. *Notícia Geomorfológica*, v.9, n.18, p.35-64, 1969.

CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia*. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 2. ed, 188 p., 1980.

DIAS, L.S.O.; ROCHA, G.A.; BARROS, E.U.A.; MAIA, P.H.P. Utilização do radar interferométrico para delimitação automática de bacias hidrográficas. *Bahia Análise & Dados*, Salvador, v. 4, n.2, p.265-271, 2004.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. *Reunião Técnica de Levantamento de Solos*. Rio de Janeiro, 1979.

G1 Tocantins. *Rio seca e moradores de Paraíso do Tocantins ficam sem água* [2017]. Disponível em: <<https://g1.globo.com/to/tocantins/noticia/rio-seca-e-moradores-de-paraíso-do-tocantins-ficam-sem-agua.ghtml/>> Acesso em: 10 de junho de 2018.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basin: Hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geol. Soc America Bulletin*, v.3, n.56, 1945. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1945\)56\[275:EDOSAT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1945)56[275:EDOSAT]2.0.CO;2)

IBGE. *Manual Técnico de Uso da Terra*. 2. ed., Rio de Janeiro: IBGE, 2006.

LIMA, W.P. *Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas*. São Paulo: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1986. 242p.

OLIVEIRA, L. F. C.; CALIL, P. M.; RODRIGUES, C.; LIEMANN, H. J.; OLIVEIRA, V. A. Potencial do uso dos solos da bacia hidrográfica do alto rio Meia Ponte, Goiás. *Ambi-Agua*, Taubaté, v. 8, n. 1, p. 222-238, 2013. ISSN 1980-993X. <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.914>.

PORTO, R. de M. *Hidráulica Básica*. Escola de Engenharia de São Carlos – EESC São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo – EDUSP, 4ª Edição – 2006.

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Transaction of American Geophysical Union*, p.913-920, 1957.
<https://doi.org/10.1029/TR038i006p00913>

TONELLO, K. C. *Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da cachoeira das Pombas*, Guanhães, MG. 2005. 69p. Tese (Doutorado em Ciências Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

TONELLO, K. C; DIAS, H. C. T; SOUZA, A. L; RIBEIRO, C. A. A. S; LEITE, F. P. (2006). Morfometria da bacia hidrografica da Cachoeira das Pombas, Guanhães - MG. *Revista Árvore*, 30(5), 849-857.
<https://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622006000500019>

TUCCI, C. E. M. 1997. *Hidrologia: ciência e aplicação*. 2.ed. Porto Alegre: ABRH/Editora da UFRGS, 1997. (Col. ABRH de Recursos Hídricos, v.4).

VILLELA, S.M.; MATTOS, A. *Hidrologia aplicada*. McGraw-Hill do Brasil, São Paulo, 1975, p.245.